精料补充料钙、磷水平对牧区冬春季羔羊生长性能、血清生化指标及骨成分的影响

司丙文[1]　王　杰[1]　张　帆[1]　张乃锋[1]　马　涛[1]　刁其玉[1]　朝鲁孟[2]　徐文丽[2]　索琼玉[2]　屠　焰[1*]

（1.中国农业科学院饲料研究所，农业部饲料生物技术重点实验室，北京 100081；2.内蒙古锡林郭勒盟农牧业科学研究所，锡林郭勒盟 026000）

摘　要：本试验旨在研究牧区冬春季低质粗饲料供给下，补饲不同钙、磷水平的精料补充料对断奶羔羊生长性能、血清指标及骨成分的影响。选取（30±2）日龄、体重为（12.50±1.21）kg 断奶乌珠穆沁羔羊 96 只，随机分成 3 组，每组 32 只，公母各占 1/2，3 组羔羊分别补饲相同钙磷比、不同钙、磷水平的 3 种精料补充料，分别为 A 组（钙 0.40%、磷 0.38%）、B 组（钙 0.50%、磷 0.48%）和 C 组（钙 0.68%、磷 0.65%），试验期 55 d，其中预试期 5 d，正试期 50 d。结果表明：随着精料补充料钙、磷水平的增加，羔羊总采食量、平均日增重没有显著变化（*P*>0.05），平均日增重接近 200 g/d；试验第 50 天，各组羔羊血清钙、甲状旁腺素含量及碱性磷酸酶活性也无显著性差异（*P*>0.05），C 组羔羊血清磷含量显著高于 A 组和 B 组（*P*<0.05）；C 组羔羊胫骨钙含量显著高于 A 组（*P*<0.05），与 B 组差异不显著（*P*>0.05），各组羔羊胫骨磷含量无显著差异（*P*>0.05）。由此可见，在牧区冬春季枯草期，不同钙、磷水平的精料补充料未对乌珠穆沁羔羊的生长性能、部分血清指标及胫骨磷含量产生显著影响，精料补充料中钙 0.40%、磷 0.38%的水平即可满足羔羊生长需求，加入过量的钙、磷，既浪费资源又污染环境。

关键词：羔羊；钙；磷；生长性能；精料补充料

中图分类号：S826

内蒙古自治区是我国最大的牧区，优质牧草是草食性动物最重要的饲料来源，但牧区冬春季牧草枯萎，营养价值低，放牧绵羊从牧草中获得的磷（P）不能满足产羔季母羊哺乳和羔羊机体快速生长的需要[1]，因此及时对羔羊进行补饲是提高羔羊成活率和生长性能的有效措施。钙（Ca）、磷是动物体必需的矿物元素，在动物体内物质代谢、内环境稳定和生理机能等方面发挥重要作用。目前，有关反刍动物营养需要量大部分是参考 NRC（2007）标准，很多学者研究发现 NRC 推荐的营养水平并不符合我国肉羊营养需要[2-3]。而且，不同品种、生理状态羊对钙、磷需要量也不同[4]。乌珠穆沁羊产于内蒙古自治区锡林郭勒盟乌珠穆沁草

收稿日期：2016-03-23
基金项目：公益性行业（农业）科研专项（201303062）
作者简介：司丙文（1975-），男，黑龙江佳木斯市人，助理研究员，从事反刍动物营养研究。E-mail: sibingwen@caas.cn
*通信作者：屠　焰，研究员，博士生导师，E-mail: tuyan@caas.cn

原，是蒙古羊在当地条件下，经过长期选育形成的一个优良种群，乌珠穆沁羊适于天然草场四季放牧饲养，具有生长快、成熟早、肉质细嫩等优点，其营养需要数据处于空白状态。因此本试验拟采用 3 个不同钙、磷水平的精料补充料补饲乌珠穆沁羔羊，研究精料补充料钙、磷水平对牧区冬春季羔羊生长发育、血清指标和骨成分的影响，从而确定乌珠穆沁羔羊补饲精料补充料的适宜的钙、磷水平，以期提高饲粮钙、磷的利用率，为内蒙古地区冬春季环境条件下羔羊生产实践提供理论参考。

1　材料与方法

1.1 试验时间及地点

动物饲养试验于 2014 年 4 月 9 日—2014 年 5 月 28 日在内蒙古自治区锡林浩特市家庭牧场进行。

1.2 试验动物与试验设计

试验采用单因子试验设计，选用（30±2）日龄乌珠穆沁羔羊 96 只，体重为（12.50±1.21）kg，随机分成 3 组，每组 32 只，公母各占 1/2。A、B、C 组分别补饲 3 种不同钙、磷水平精料补充料。试验期 55 d，其中预试期 5 d，正试期 50 d。羔羊分圈饲养，每组为 1 圈，圈内设置独立的食槽、水槽。圈舍为半开放式，避风、向阳、干燥、通风良好。

根据羔羊体重和营养需要特点，参照我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816-2004)生长肥育绵羊羔羊每日营养需要量表，以体重 18 kg，日增重 200 g/d，钙、磷需要量分别为 2.5 和 1.7 g/d 为标准，并结合当地冬春季饲草营养价值情况，配制 3 种不同钙、磷水平的精料补充料，其组成及营养水平见表 1。精料补充料的消化能和粗蛋白质水平根据本研究室前期研究结果确定[5]。精料补充料为颗粒状(直径为 6 mm，长度为 10 mm)，由内蒙古优牧特农牧科技股份有限公司生产。粗饲料为当地秋季打草场刈割晒制的干草，优势种为羊草，营养水平(风干基础)如下：干物质（DM）93.25%，粗蛋白质（CP）5.22%，钙 0.49%，磷 0.09%。试验期间每天 07:00、18:00 各饲喂精料补充料 1 次，每组每天饲喂 1 700 g 代乳粉（钙 0.23%，磷 0.49%），代乳粉溶于温开水中，倒入料槽中饲喂。各组自由采食羊草及饮水，晚上定时称重剩料与剩草，计算干物质采食量。

表 1　精料补充料组成及营养水平(风干基础)

Table 1　Composition and nutrient levels of the supplementary concentrate (air-dry basis)　%

项目	组别 Groups

Items	A	B	C
玉米 Corn	40.00	40.00	40.00
豆粕 Soybean meal	28.50	28.50	28.50
全脂大豆粉 Full-fat soybean powder	2.00	2.00	2.00
棉籽粕 Cottonseed meal	1.50	1.50	1.50
玉米干酒糟及其可溶物 Corn DDGS	12.00	12.00	12.00
玉米胚芽粕 Corn germ meal	11.00	11.00	11.00
石粉 Limestone	0.62	0.70	0.75
黏合剂 Adhesive	3.08	1.90	0.60
食盐 NaCl	0.60	0.60	0.60
小苏打 $NaHCO_3$	0.50	0.50	0.50
磷酸氢钙 $CaHPO_4$		1.10	2.35
预混料 Premix[1)]	0.20	0.20	0.20
合计 Total	100.00	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]			
干物质 DM	90.96	91.29	91.44
粗蛋白质 CP	18.20	18.10	18.15
钙 Ca	0.40	0.50	0.68
磷 P	0.38	0.48	0.65
中性洗涤纤维 NDF	16.74	16.74	16.74
酸性洗涤纤维 ADF	10.57	10.57	10.57
消化能 DE/(MJ/kg)	13.28	13.21	13.18

1)预混料为每千克精料补充料提供 The premix provided the following per kg of the supplementary concentrate: VA 8 000 IU,VD 2 000 IU,VE 40 IU,Cu 12 mg,Fe 70 mg,Mn 50 mg,Zn 80 mg,I 1.0 mg,Se 0.27 mg,Co 0.3 mg。

2)消化能为计算值,其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.3 样品采集与测定

1.3.1 饲粮成分

每周采集精料补充料和干草，4 ℃保存，试验结束后带回实验室，分别测定样品中干物

质、消化能、粗蛋白质、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维、钙、磷含量[6]。

1.3.2 生长性能

于试验正试期开始、结束日晨饲前，空腹称量每只羔羊体重，计算平均日增重和料重比。

1.3.3 血清指标

于试验开始前（第 1 天）和结束日(第 50 天)晨饲前，每组选择 6 只羔羊(公母各占 1/2)颈静脉采血约 10 mL，3 000 r/min 离心 10 min，收集血清并分装于 1.5 mL 离心管中，-20 ℃保存待测。甲状旁腺素（PTH）含量采用放射免疫方法测定，试剂盒由中科院原子能研究所提供，血清钙、磷含量及碱性磷酸酶（AKP）活性采用 Olympus 公司 AU600 型全自动生化分析仪分析。

1.3.4 屠宰试验

骨骼能反映机体钙、磷代谢的结果，在血样采集结束后，每组挑选 4 只接近平均体重试验羊进行屠宰，取胫骨测定骨中钙、磷含量。

将胫骨放入沸水中煮 30 min，取出沥干、晾凉，剔除肌肉和筋腱，打碎包入滤纸包中，放入无水乙醇中脱水 24 h，再用无水乙醚脱脂 96 h，将处理好的胫骨置于 105 ℃烘箱中烘 12 h 后称骨样脱脂烘干重，再后放入马福炉中 600 ℃灼烧 3 h 后得脱脂烘干骨粗灰分。采用高锰酸钾滴定法（GB 6436-86）测定胫骨钙含量，采用钼黄比色法（GB 6437-86）测定胫骨磷含量。

1.4 统计分析

试验数据采用 SAS 9.2 统计软件进行 ANOVA 分析，平均值间差异显著性用 Duncan 氏法进行多重比较，以 P＜0.05 作为差异显著性判断标准。

2 结果与分析

2.1 羔羊生长性能

由表 2 可知，各组羔羊的总采食量差异不显著（P>0.05），平均日增重都接近 200 g/d，无显著差异（P>0.05）。但从数值上看，A 组羔羊平均日增重最高，料重比最优。

表 2 精料补充料钙、磷水平对羔羊的生长性能的影响

Table 2 Effects of Ca and P levels of supplementary concentrate on growth performance of lambs

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	A	B	C		

干物质采食量 DMI					
总采食量 Total feed intake/(g/d)	654.06	654.21	652.81		
精料补充料 Supplementary concentrate/(g/d)	370.06	371.47	371.64		
干草 Hay/(g/d)	232.83	231.57	230.00		
代乳粉 Milk replacer/(g/d)	51.17	51.17	51.17		
钙 Ca/(g/d)	2.70	3.11	3.77		
磷 P/(g/d)	1.87	2.24	2.87		
钙磷比 Ca/P	1.44	1.39	1.31		
增重 Weight gain					
初重 Initial weight/kg	12.54	12.51	12.52	0.22	0.998
末重 Final weight/kg	22.47	22.32	21.99	0.37	0.509
平均日增重 ADG/(g/d)	198.57	196.25	189.36	3.99	0.712
料重比 Feed/gain	3.29	3.33	3.45		

2.2 羔羊血清生化指标

由表 3 可知，试验第 1 天，羔羊血清中钙、磷、甲状旁腺素含量及碱性磷酸酶活性差异不显著（P>0.05）。试验第 50 天，各组羔羊血清钙、甲状旁腺素含量及碱性磷酸酶活性也无显著性差异（P>0.05），C 组羔羊血清磷含量显著高于其他 2 组（P<0.05）。

表 3 精料补充料钙、磷水平对羔羊血清生化指标的影响

Table 3 Effects of Ca and P levels of supplementary concentrate on serum biochemical indices of lambs

项目 Items	时间 Time/d	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
		A	B	C		
钙 Ca/(mmol/L)	1	2.71	2.63	2.76	0.047	0.590
	50	2.45	2.44	2.38	0.029	0.420
磷 P/(mmol/L)	1	3.73	3.91	3.83	0.13	0.880
	50	3.63^{b}	3.57^{b}	4.32^{a}	0.14	0.034
碱性磷酸酶 AKP/(IU/L)	1	314.70	327.18	293.78	24.38	0.870
	50	163.98	152.58	168.10	7.18	0.720
甲状旁腺素 PTH/(ng/dL)	1	248.94	259.16	223.39	14.09	0.360
	50	366.8	333.4	337.7	45.11	0.960

2.3 骨成分

由表 4 可以出，试验第 50 天，C 组羔羊胫骨钙含量显著高于 A 组（$P<0.05$），与 B 组差异不显著（$P>0.05$）。各组羔羊胫骨磷含量无显著差异（$P>0.05$）。

表 4　精料补充料钙、磷水平对羔羊胫骨中钙、磷含量的影响

Table 4　Effects of Ca and P levels of supplementary concentrate on Ca and P contents in tibia of lambs

项目 Items	组别 Groups			SEM	*P* 值 *P*-value
	A	B	C		
钙 Ca	19.86[b]	21.58[ab]	24.24[a]	0.821	0.064
磷 P	12.16	12.36	12.02	0.100	0.440

3　讨　论

3.1　精料补充料钙、磷水平对羔羊的生长性能的影响

钙和磷是动物体内必需的矿物元素，约占体内矿物质总量的 70%~75%。一般认为，饲粮理想的钙磷比是 1:1~2:1，反刍动物饲粮中钙磷比在 1:1~7:1 都不会影响钙、磷的吸收[7]。本试验饲粮钙磷比在理想范围内，从结果上看，随着钙、磷采食量增加，各组羔羊总采食量无显著差异，平均日增重都接近 200 g/d，组间差异也不显著，A 组羔羊钙、磷采食量分别为 2.70 和 1.87 g/d，略高于设计的需要量，各组羔羊生长发育正常。Hutcheson 等[8]用不同钙、磷水平饲粮(钙分别为 0.8%、0.6%，磷分别为 0.4%、0.3%)饲喂平均体重 25.1 kg 杂交阉羊，得到结果与本试验相似，饲粮钙、磷水平对平均日增重、采食量和料重比没有显著影响。李佳等[9]用不同磷水平和钙磷比饲粮饲喂生长肥育猪，对平均平均日增重、料重比也无显著影响。同样，Erickson 等[10]用不同磷水平（0.16%、0.22%、0.28%、0.40%）同一钙水平(0.62%)饲粮饲喂犊牛（265.0±16.6） kg，未对犊牛干物质采食量、平均日增重和料重比产生显著影响。本试验结果表明，A 组钙、磷水平即可满足乌珠穆沁羔羊生长需要，更高水平的钙、磷并没有提高羔羊的平均日增重，相反还出现下降的趋势。在牧区户外圈养情况下，羔羊接触日光充足，一般不会缺钙，容易出现磷缺乏，补饲饲粮谷物中含磷量高，加之反刍动物对各种来源的磷（包括植酸盐）都能有效利用[11]，故 A 组精料补充料的钙、磷水平可满足羔羊生长需求，饲粮中加入过量的钙、磷，会导致绵羊从粪尿中排出的钙、磷增多，造成资源浪费和环境污染。

3.2　精料补充料钙、磷水平对羔羊血清生化指标的影响

血清钙、磷、甲状旁腺激素含量及碱性磷酸酶活性，常被研究者用于估计动物体内钙、磷营养状况以及评定需要量的血液学参数。据卢宋藩[12]报道，绵羊血清钙正常参考值为

2.5~3.0 mmol/L，无机磷正常参考值是 1.29~5.16 mmol/L，而卢德勋[13]认为，血清钙、磷作为牛羊营养缺乏指标时，其临界水平分别为 2.00 和 1.45 mmol/L。从本试验所测得数据看，除试验末血清钙略低于参考值外，其他日龄钙、磷水平均在参考范围内且高于临界水平。随着钙的采食量增加，羔羊血清钙含量无显著变化。这与 Pond[14]的研究一致，饲粮添加钙对羔羊血清钙含量无显著影响。但 Oberbauer 等[15]发现绵羊血清钙含量随饲粮钙水平的增加而升高。随磷的采食量增加，C 组羔羊血清磷含量显著高于其他 2 组。同样 Hutcheson 等[8]研究认为，高钙、磷饲粮显著增加了生长羔羊血清钙、磷含量。但 Cohen[16]的研究发现，饲粮磷水平对肉牛血清无机磷含量无显著影响。由此看来，血清钙、磷含量随饲粮钙、磷水平的变化情况各研究者报道并不一致。从本试验结果来看，血清钙、磷含量不易受精料补充料钙、磷水平的影响，而且各组羔羊血清钙、磷含量均在正常值范围内，试验羊只钙、磷营养并不缺乏。

甲状旁腺激素，是甲状旁腺主细胞分泌的碱性单链多肽类激素，它的主要功能是调节脊椎动物体内钙和磷的代谢，羔羊血清甲状旁腺激素的调控作用能保持血液中钙含量的稳定，当血液钙含量降低时，体内甲状旁腺激素分泌增多[17-18]。在本试验中，各组羔羊血清中钙及甲状旁腺激素的含量保持稳定，与钙采食量不相关。血清碱性磷酸酶由成骨细胞分泌，其含量大小反映了成骨细胞的活跃程度，并间接反映机体钙、磷的营养状况。动物体内碱性磷酸酶活性与血液磷含量负相关，血液中磷含量降低，碱性磷酸酶活性升高，可调节血液磷含量的稳定。本试验中，各组羔羊血液磷含量与碱性磷酸酶活性相对稳定，表明成骨细胞未大量分泌碱性磷酸酶，释放到血液中，钙、磷营养状况正常[19]。Hutcheson 等[8]发现，高钙、磷饲粮显著增加了羔羊血清甲状旁腺激素含量，还有学者(Pond[14]、Wheeler 等[20])认为血清甲状旁腺激素含量、碱性磷酸酶活性均不受饲粮钙、磷水平的影响。

3.3 精料补充料钙、磷水平对羔羊骨成分的影响

钙和磷是动物体内含量最多的矿物元素，其中 98%~99%的钙、80%的磷存在于骨和牙齿中[11]，骨骼是钙、磷的储备库，通过钙在骨中的动员和沉积，使动物具有很强的维持血液钙、磷恒稳的能力。在本试验中，各组羔羊无食欲减退或四肢无力现象，骨骼粗灰分中钙磷比约为 2:1，骨骼无明显畸形，生长发育正常。精料补充料钙、磷水平对羔羊胫骨粗灰分中钙含量影响显著，低钙、磷水平精料补充料条件下的胫骨钙含量显著低于高钙、磷精料补充料，说明提高精料补充料钙水平可促进羔羊胫骨的矿化度及钙在胫骨中的沉积，而骨磷含量无显著变化。这与王爽等[21]研究相一致，即随着饲粮钙、磷水平的提高，北京鸭胫骨钙含量也显著增加，但对胫骨磷无显著影响；王晋晋等[22]和李文立等[23]研究表明，提高饲粮

钙、磷水平可以显著增加肉鸡胫骨粗灰分和胫骨磷含量；Hutcheson 等[8]对羔羊掌骨的研究结果表明，高钙、磷饲粮组（钙 0.8%，磷 0.6%）与低钙、磷饲粮组（钙 0.4%，磷 0.3%）相比，掌骨中钙、磷含量无显著变化。由此来看，各研究者报道并不一致，这可能与试验动物不同或生长阶段不同有关。可见，饲喂低钙、磷（钙 0.40%，磷 0.38%）水平精料补充料，没有影响羔羊骨骼的正常生长，能够满足骨骼生长的需要，该结果与我国《肉羊饲养标准》(NY/T 816-2004)推荐的钙、磷需要量较符合。

4　结　论

在牧区冬春季枯草期，用不同钙、磷水平的精料补充料对乌珠穆沁羔羊进行补饲，但未对羔羊生长性能，血清钙、甲状旁腺激素含量及碱性磷酸酶活性产生显著影响，随着钙、磷水平的升高，血清磷及胫骨钙含量显著升高，精料补充料中钙 0.40%，磷 0.38%可以满足乌珠穆沁羔羊生长需求，加入过量的钙、磷既浪费资源也可以污染环境。

参考文献:

[1] 魏炳栋,张力,周学辉,等.不同季节牧草钙磷含量对放牧绵羊血清降钙素的影响[J].甘肃农业大学学报,2005,40(4):452–456.

[2] 许贵善,刁其玉,纪守坤,等.不同饲喂水平对肉用绵羊生长性能、屠宰性能及器官指数的影响[J].动物营养学报,2012,24(5):953–960.

[3] 马友记,王宝义,李发弟,等.不同营养水平全混合日粮对舍饲育肥羔羊生产性能、养分表观消化率和屠宰性能的影响[J].草业学报,2012,21(4):252–258.

[4] 王国富,高树新,邵志文,等.日粮营养水平和品种对羔羊育肥效果的影响[J].中国草食动物,2008,28(1):26–28.

[5] 杨春涛,司丙文,斯琴巴特尔.补饲不同能氮比精料对牧区冬春季羔羊生长性能和血液指标的影响[J].动物营养学报,2015,27(1):289–297.

[6] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2007:48–93.

[7] 赵智力.内蒙古白绒山羊生长羯羊钙、磷需要量的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2006:6–8.

[8] HUTCHESON J P,GREENE L W,CARSTENS G E,et al.Effects of zeranol and two dietary levels of calcium and phosphorus on performance,carcass and bone characteristics, and calcium status in growing lambs[J].Journal of Animal Science,1992,70(5):1346–1351.

[9] 李佳,解鹏,吴东波,等.日粮不同磷水平和钙磷比对生长肥育猪生产性能的影响[J].兽药与饲料添加剂,2006,11(1):3–4.

[10] ERICKSON G E,KLOPFENSTEIN T J,MILTON C T,et al.Phosphorus requirement of finishing feedlot calves[J].Journal of Animal Science,2002,80(6):1690–1695.

[11] 杨凤.动物营养学[M].2 版.北京:中国农业出版社,2007:106–107.

[12] 卢宋藩.家畜及实验动物生理生化参数[M].北京:农业出版社,1983:200–201.

[13] 卢德勋.反刍动物营养调控理论及其应用[M].呼和浩特:内蒙古畜牧科学杂志社,1993:55.

[14] POND W G.Effect of dietary calcium and zinc levels on weight gain and blood and tissue mineral concentrations of growing Columbia-and Suffolk-sired lambs[J].Journal of Animal Science,1983,56(4):952–959.

[15] OBERBAUER A M,KROOK L,HOGUE D E,et al.Dietary calcium and metacarpal growth in ewes[J].Journal of Nutrition,1988,118(8):976–981.

[16] COHEN R D H.Phosphorus nutrition of beef cattle.2.Relation of pasture phosphorus to phosphorus content of blood,hair and bone grazing steers[J].Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry,1973,138(11/12):1211–1219.

[17] 朱新民.生长期波杂山羊钙磷代谢规律及需要量研究[D].硕士学位论文.乌鲁木齐:新疆农业大学,2004:11.

[18] 何谓霞,张晓雷,刘芃芃,等.实验性佝偻症对鸡血清、肠、肝、肾、骨中碱性磷酸酶活性的影响[J].畜牧兽医学报,1987,18(2):99–103.

[19] 王凤来,张曼夫,陈清明,等.日粮磷和钙磷比例对小型猪(香猪)血清、肠、骨碱性磷酸酶及血清钙磷的影响[J].动物营养学报,2001,13(1):36–42.

[20] WHEELER W E,NOLLER C H,WHITE J L.Effect of level of calcium and sodium bicarbonate in high concentrate diets on performance and nutrient utilization by beef steers[J].Journal of Animal Science,1981,53(2):499–515.

[21] 王爽,侯水生,谢明,等.不同钙磷水平及维生素 D 对生长前期北京鸭生产性能、血液生化指标及胫骨指标的影响[J].畜牧兽医学报,2010,41(11):1414–1420.

[22] 王晋晋,王金荣,付佐龙,等.饲料中钙、磷水平对 4~6 周龄肉鸡骨骼生长的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(7):37–41.

[23] 李文立,王宝维,刘光磊,等.不同钙磷水平对 0~4 周龄五龙鹅生产性能及血浆和胫骨生化指标的影响[J].动物营养学报,2005,17(1):60–65.

Effects of Calcium and Phosphorus Levels of Supplementary Concentrate on Growth Performance,

Serum Biochemical Indices and Bone Composition of Lambs in Pastoral Areas during Winter and Spring Season

SI Bingwen[1] WANG Jie[1] ZHANG Fan[1] ZHANG Naifeng[1] MA Tao[1] DIAO Qiyu[1] CHAO Lumeng[2] XU Wenli[2] SUO Qiongyu[2] TU Yan[1*]

（1. *Feed Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Feed Biotechnology, Ministry of Agriculture, Beijing* 100081, *China*; 2. *Agricultural ＆ Animal Husbandry Sciences Research Institute, Xilinguole League, Inner Mongolia*， *Xilinguole* 026000, *China*）

Abstract: This study aimed to investigate the effects of different levels of calcium and phosphorus of supplementary concentrate on growth performance, serum biochemical indices and bone composition of lambs fed low quality roughages in pastoral areas of Inner Mongolia during winter and spring season. Ninety-six healthy Ujumuqin weaner lambs (half male and half female) aged (30±2) days with body weight of (12.50±1.21) kg were assigned to one of three groups with 32 lambs per group using single factor experimental design. Lambs were offered supplementary concentrate with different levels of calcium and phosphorus (group A: calcium 0.40% and phosphorus 0.38%; group B: calcium 0.50% and phosphorus 0.48%; group C: calcium 0.68% and phosphorus 0.65%). The experiment lasted for 55 days including 5 d of pre-experiment and 50 d of experiment. The results showed as follows: 1) average daily gain (ADG) of three groups was very similar with an approximate value of 200 g/d. ADG and total feed intake were not significantly affected by supplementary concentrate with different levels of calcium and phosphorus (P>0.05). On day 50, serum phosphorus content of group C was significantly higher than that of groups A and B (P<0.05). The contents of serum calcium and parathyroid hormone, and the activity of alkaline phosphatase did not differ significantly among groups (P>0.05). Calcium content in tibia of group C was significantly higher than that of group A (P<0.05), whereas no significant difference was observed in phosphorus content in tibia among groups (P>0.05). The results indicate that calcium and phosphorus levels of supplementary concentrate have no significant effects on growth performance, parts of serum biochemical indices and phosphorus content in tibia of Ujumuqin lambs in pastoral areas of Inner Mongolia during winter and spring season; calcium and phosphorus at 0.40 % and 0.38 % of supplementary concentrate,

*Corresponding author, professor, E-mail: tuyan@caas.cn （责任编辑 王智航）

respectively, can met the requirement for growth, while high levels of calcium and phosphate input may contribute to resource waste and environment pollution.

Key words: lamb; calcium; phosphate; growth performance; supplementary concentrate